



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (20 баллов)

Определите энергию плавления железа массой 2000г, доведенного до своей температуры плавления? Определите во сколько раз плавление железа требует больше энергии, чем плавление той же массы серебра, стали и золота нагретых до своей температуры плавления? Значения удельной теплоты плавления: $\lambda(\text{железа}) = 27 \cdot 10^4$ Дж/кг, $\lambda(\text{серебра}) = 0,87 \cdot 10^5$ Дж/кг, $\lambda(\text{стали}) = 0,84 \cdot 10^5$ Дж/кг, $\lambda(\text{золота}) = 0,67 \cdot 10^5$ Дж/кг

Решение:

$$2000 \text{ г} = 2 \text{ кг}$$

$$Q = \lambda \cdot m$$

$$Q(\text{железа}) = \lambda \cdot m = 27 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг} \cdot 2 \text{ кг} = 54 \text{ Дж (энергия плавления железа)}$$

$$Q(\text{железа}) / Q(\text{серебра}) = 27 \cdot 10^4 \cdot 2 / 8,7 \cdot 10^4 \cdot 2 = 3,1 \text{ раза больше}$$

$$Q(\text{железа}) / Q(\text{стали}) = 27 \cdot 10^4 \cdot 2 / 8,4 \cdot 10^4 \cdot 2 = 3,2 \text{ раза больше}$$

$$Q(\text{железа}) / Q(\text{золота}) = 27 \cdot 10^4 \cdot 2 / 6,7 \cdot 10^4 \cdot 2 = 4 \text{ раза больше}$$

Ответ: Энергия плавления железа 54 Дж, плавление железа требует больше энергии, чем плавление серебра в 3,1 раза, стали 3,2 раза, золота 4 раза.

Задача 2 (20 баллов)

Химические вещества применяют в технологических процессах разного назначения. Так промышленные газы создаются путем принудительной реакции химических веществ. При взаимодействии двух веществ А и В, находящихся в газообразном состоянии образуется новое газообразное вещество С: $A(г) + 2B(г) = C(г)$. Известно, что $c_A = 0,6$ моль/л, $c_B = 0,5$ моль/л, $k = 0,2 \text{ л}^2/\text{моль}^2$. Рассчитайте начальную скорость реакции при температуре 100° С. Рассчитайте скорость реакции при увеличении концентрации В на 0,2 моль/л? Во сколько раз изменится скорость реакции при повышении температуры на 30° С (температурный коэффициент $\gamma = 2$)?

Решение:

1. Рассчитаем начальную скорость реакции $A(г) + 2B(г) = C(г)$ при 100° С

$$v = k c_A c_B^2 = v = k c_A c_B^2 = 0,2 \cdot (0,6) \cdot (0,5)^2 = 0,03.$$

2. При увеличении концентрации В на 0,2 моль/л, скорость реакции станет равна $v = 0,2 \cdot 0,6 \cdot (0,5 + 0,2)^2 = 0,0176$, то есть скорость изменится в $0,0176/0,03 = 0,588$ раза.

3. В соответствии с правилом Вант-Гоффа $v_2/v_1 = \gamma$ в степени $(T_2 - T_1/10) = 2^3 = 8$.

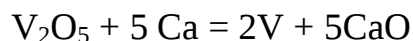
При повышении температуры на 30° С скорость реакции увеличилась в 8 раз.

Задача 3 (20 баллов)

Ванадий получают восстановлением оксида ванадия (V) металлическим кальцием. Запишите уравнение реакции. Какую массу металла можно получить при восстановлении концентрата массой 400г, массовая доля V_2O_5 в котором равна 85%? Какую массу технического кальция надо взять для восстановления, если технический кальций содержит примесь оксида кальция? Массовая доля CaO в техническом металле составляет 5%.

Решение:

1) Записываем уравнение реакции получения ванадия методом металлотермии:



2) Определяем массу V_2O_5 в концентрате:

$$m(V_2O_5) = m \omega(V_2O_5); m(V_2O_5) = 400 \cdot 0,85 \text{ г} = 340 \text{ г}$$

3) Рассчитываем количество вещества оксида ванадия (V):

$$n(V_2O_5) = m(V_2O_5)/M(V_2O_5) = 340/182 = 1,87 \text{ моль.}$$

4) На основании уравнения реакции записываем:

$$n(V_2O_5)/n(V) = 1/2 ; n(V) = 2n(V_2O_5); n(V) = 2 \cdot 1,87 \text{ моль} = 3,74 \text{ моль}$$

5) Определяем массу металла, который можно получить:

$$m(V) = n(V) \cdot M(V); m(V) = 3,74 \cdot 51 \text{ г} = 190,7 \text{ г}$$

6) Из уравнения реакции следует, что

$$n(V_2O_5)/n(Ca) = 1/5; n(Ca) = 5n(V_2O_5); n(Ca) = 5 \cdot 1,87 \text{ моль} = 9,35 \text{ моль}$$

7) Масса кальция, который надо взять для восстановления, составляет:

$$m(Ca) = n(Ca) \cdot M(Ca); m(Ca) = 9,35 \cdot 40 = 374 \text{ г}$$

8) Находим массу технического металла, необходимого для осуществления процесса:

$$m(\text{техн.мет.}) = m(Ca)/w(Ca) = 374/0,95 = 393,7 \text{ г}$$

Ответ: масса технического кальция 393,7 г

Задача 4 (20 баллов)

Избытком холодной концентрированной серной кислоты действовали на смесь железа, алюминия и меди. Часть смеси растворилась и выделилось 11,2 л газа (н.у.). Оставшуюся смесь обработали избытком раствора гидроксида натрия. Выделилось 6,72 л газа и осталось 6 г не растворившегося остатка. Определите массу и состав исходной смеси металлов.

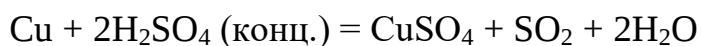
Решение:

1) Холодная концентрированная серная кислота не реагирует с железом и алюминием (пассивация), но реагирует с медью. При этом выделяется оксид серы (IV). Со щелочью реагирует только алюминий — амфотерный металл.

2) С концентрированной серной кислотой реагирует только медь, число моль газа:
 $n_{\text{SO}_2} = V / V_m = 11,2 / 22,4 = 0,49 \text{ моль} = 0,5 \text{ моль}$

0,5

0,5

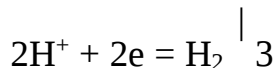
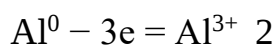
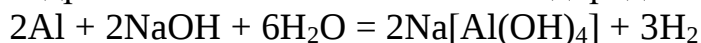


3) Реакцию нужно уравнивать с помощью электронного баланса. Так как мольное соотношение меди и сернистого газа 1:1, то меди тоже 0,5 моль.

Можно найти массу меди:

$$m_{\text{Cu}} = n \cdot M = 0,5 \cdot 64 = 32 \text{ г.}$$

4) В реакцию с раствором щелочи вступает алюминий, при этом образуется гидроксокомплекс алюминия и водород:



5) Число моль водорода:

$$n_{\text{H}_2} = 6,72 / 22,4 = 0,3 \text{ моль,}$$

мольное соотношение алюминия и водорода 2:3 и, следовательно,

$$n_{\text{Al}} = 0,3 \cdot 2 / 3 = 0,2 \text{ моль.}$$

Масса алюминия:

$$m_{\text{Al}} = n \cdot M = 0,2 \cdot 27 = 5,4 \text{ г}$$

6) Остаток — это железо, массой 6 г. Можно найти массу смеси:

$$m_{\text{смеси}} = 32 + 5,4 + 6 = 43,4 \text{ г.}$$

7) Массовые доли металлов:

$$\omega_{\text{Cu}} = m_{\text{Cu}} / m_{\text{смеси}} = 32 / 43,4 = 0,737 (73,7\%)$$

$$\omega_{\text{Al}} = 5,4 / 43,4 = 0,124 (12,4\%)$$

$$\omega_{\text{Fe}} = 13,9\%$$

Ответ: 73,7% меди, 12,4% алюминия, 13,9% железа.

Задача 5 (20 баллов)

Химические процессы в промышленности часто связаны с применением катализаторов. Для замены или регенерации катализаторы приходится перемещать из одного аппарата в другой. Перемещение катализатора должно идти без остановки

основного процесса. Для движения катализатора разработаны специальные системы пневмотранспорта, где катализатор движется под действием потока газа.

Предложите свой способ перемещения гранулированного катализатора без остановки основного процесса из без применения пневмотранспорта? Изобразите схематично установку.

Решение:

Можно использовать магнитный транспорт. Для решения задачи можно использовать движущееся магнитное поле. Для этого необходимо, чтобы катализатор обладал магнитными свойствами (содержать ферромагнитные компоненты). Можно внутрь гранул катализатора поместить магнитную частицу (железо, оксид железа). Можно сконструировать реактор, вокруг которого вращается постоянный магнит.

Схема установки может быть различной.

Для успешного решения задач воспользуйтесь справочным материалом – таблицей Д.И. Менделеева

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																											
ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ																									
		A I В	A II В	A III В	A IV В	A V В	A VI В	A VII В	A	VIII В																	
1	1	H 1,0079 1s ¹ Водород							H	He 4,00260 1s ² Гелий	Относительная атомная масса Порядковый (атомный) номер Конфигурация валентных электронов Название																
2	2	Li 6,941 2s ¹ Литий	Be 9,01218 2s ² Бериллий	B 10,81 2s ² 2p ¹ Бор	C 12,011 2s ² 2p ² Углерод	N 14,0067 2s ² 2p ³ Азот	O 15,9994 2s ² 2p ⁴ Кислород	F 18,9984 2s ² 2p ⁵ Фтор	Ne 20,179 2s ² 2p ⁶ Неон																		
3	3	Na 22,9898 3s ¹ Натрий	Mg 24,305 3s ² Магний	Al 26,9815 3s ² 3p ¹ Алюминий	Si 28,0855 3s ² 3p ² Кремний	P 30,9738 3s ² 3p ³ Фосфор	S 32,06 3s ² 3p ⁴ Сера	Cl 35,453 3s ² 3p ⁵ Хлор	Ar 39,948 3s ² 3p ⁶ Аргон																		
4	4	K 39,0983 4s ¹ Калий	Ca 40,08 4s ² Кальций	Sc 44,9559 3d ¹ 4s ² Скандий	Ti 47,88 3d ² 4s ² Титан	V 50,9415 3d ³ 4s ² Ванадий	Cr 51,996 3d ⁵ 4s ¹ Хром	Mn 54,938 3d ⁵ 4s ² Марганец	Fe 55,847 3d ⁶ 4s ² Железо	Co 58,9332 3d ⁷ 4s ² Кобальт	Ni 58,69 3d ⁸ 4s ² Никель																
	5	Cu 63,546 3d ¹⁰ 4s ¹ Медь	Zn 65,39 3d ¹⁰ 4s ² Цинк	Ga 69,72 4s ² 4p ¹ Галлий	Ge 72,59 4s ² 4p ² Германий	As 74,9216 4s ² 4p ³ Мышьяк	Se 78,96 4s ² 4p ⁴ Селен	Br 79,904 4s ² 4p ⁵ Бром	Kr 83,80 4s ² 4p ⁶ Криптон																		
5	6	Rb 85,4678 5s ¹ Рубидий	Sr 87,62 5s ² Стронций	Y 88,9059 4d ¹ 5s ² Иттрий	Zr 91,22 4d ² 5s ² Цирконий	Nb 92,9064 4d ⁴ 5s ¹ Нйобий	Mo 95,94 4d ⁵ 5s ¹ Молибден	Tc 98 4d ⁵ 5s ² Технеций	Ru 101,07 4d ⁷ 5s ¹ Рутений	Rh 102,905 4d ⁸ 5s ¹ Родий	Pd 106,42 4d ¹⁰ 5s ⁰ Палладий																
	7	Ag 107,868 4d ¹⁰ 5s ¹ Серебро	Cd 112,41 4d ¹⁰ 5s ² Кадмий	In 114,82 5s ² 5p ¹ Индий	Sn 118,69 5s ² 5p ² Олово	Sb 121,75 5s ² 5p ³ Сурьма	Te 127,60 5s ² 5p ⁴ Теллур	I 126,905 5s ² 5p ⁵ Йод	Xe 131,29 5s ² 5p ⁶ Ксенон																		
6	8	Cs 132,905 6s ¹ Цезий	Ba 137,33 6s ² Барий	La* 138,905 5d ¹ 6s ² Лантан	Hf 178,49 5d ² 6s ² Гафний	Ta 180,9479 5d ³ 6s ² Тантал	W 183,85 5d ⁴ 6s ² Вольфрам	Re 186,207 5d ⁵ 6s ² Рений	Os 190,2 5d ⁶ 6s ² Осмий	Ir 192,22 5d ⁷ 6s ² Иридий	Pt 195,08 5d ⁹ 6s ¹ Платина																
	9	Au 196,967 5d ¹⁰ 6s ¹ Золото	Hg 200,59 5d ¹⁰ 6s ² Ртуть	Tl 204,383 6s ² 6p ¹ Таллий	Pb 207,2 6s ² 6p ² Свинец	Bi 208,98 6s ² 6p ³ Висмут	Po 209 6s ² 6p ⁴ Полоний	At 210 6s ² 6p ⁵ Астат	Rn(222) 6s ² 6p ⁶ Радон																		
7	10	Fr [223] 7s ¹ Франций	Ra [226] 7s ² Радий	Ac** [227] 6d ¹ 7s ² Актиний	Rf [261] 6d ² 7s ² Резерфордий	Db [262] 6d ³ 7s ² Дубний	Sg [266] 6d ⁴ 7s ² Сибгоргий	Bh [264] 6d ⁵ 7s ² Борий	Hs [271] 6d ⁶ 7s ² Гассий	Mt [271] 6d ⁷ 7s ² Мейтнерий	Ds [271] 6d ⁸ 7s ² Дармштадтий																
	11	Rg [280] Рентгений	Cn [285] Коперниций	Nh [284] Нихоний	Fl [289] Флеровий	Mc [288] Московский	Lv [293] Ливерморий	Ts [294] Теннессин	Og [294] Оганесон																		
ФОРМУЛА ВЫШЕГО ОКСИДА		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄																		
ФОРМУЛА ЛЕГУЩЕГО ВОДОРОДНОГО СОЕДИНЕНИЯ				RH ₄		RH ₃	RH ₂	RH																			
*Лантаноиды																											
58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
140,12	140,908	144,24	[145]	150,36	151,96	157,25	158,925	162,50	164,930	167,26	168,934	173,04	174,967														
4f ¹ 5d ¹ 6s ²	4f ³ 6s ²	4f ⁴ 6s ²	4f ⁵ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁷ 6s ²	4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	4f ⁹ 6s ²	4f ¹⁰ 6s ²	4f ¹¹ 6s ²	4f ¹² 6s ²	4f ¹³ 6s ²	4f ¹⁴ 6s ²	4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²														
Церий	Прозеодим	Неодим	Прометий	Самарий	Европий	Гадолиний	Тербий	Диспрозий	Гольмий	Эрбий	Тулий	Иттербий	Лютеций														
**Актиноиды																											
90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr
232,038	[231]	238,029	[237]	244,041	247,045	252,083	257,103	261,103	267,103	271,103	277,103	283,103	287,103	292,103	297,103	301,103	307,103	311,103	315,103	319,103	323,103	327,103	331,103	335,103	339,103	343,103	
5f ¹⁴ 7s ²	5f ² 6d ¹ 7s ²	5f ³ 6d ¹ 7s ²	5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	5f ⁴ 6d ² 7s ²	5f ⁵ 6d ¹ 7s ²	5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	5f ⁷ 6d ² 7s ²	5f ⁷ 6d ³ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²	5f ⁷ 6d ⁴ 7s ²		
Торий	Протактиний	Уран	Нептуний	Плутоний	Америций	Кюрий	Берклий	Калифорний	Эйнштейний	Фермий	Менделевий	Нобелий	Лоуренсий														

Комментарий к заданиям для проверяющих. При записи ответа допускается округление чисел до целого. При оценке решения задачи учитывается правильность хода решения.

Задача 5. В решении приведен один из вариантов ответа (ответ может отличаться). Проверяющий оценивает логику рассуждений школьника. Правильность решения оценивается на усмотрение проверяющего.